

*В. В. Сметанин, В. И. Денисенко, В. М. Семенов, А. И. Ермоленко
Т. С. Атаев*

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

betaji2011@gmail.com; smetanin.vitaliy@urfu.ru

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С АСИММЕТРИЧНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В работе представлен первоначальный подход к анализу двигателя асинхронного с асимметричным магнитопроводом в современной среде моделирования физических процессов. Демонстрируется анализ водяного охлаждения специального двигателя.

Ключевые слова: *радиационно-стойкий; асинхронный двигатель; асимметричный магнитопровод; охлаждение.*

*V. V. Smetanin, V. I. Denisenko, V. M. Semenenko, A. I. Ermolenko,
T. S. Ataev*

Ural Federal University, Ekaterinburg

ANALYSIS OF THE COOLING SYSTEM HEAT STATE OF A SPECIAL PURPOSE ASYNCHRONOUS MOTOR WITH AN ASYMMETRIC MAGNETIC CORE

The paper presents an initial approach to the analysis of an induction motor with an asymmetric magnetic circuit in a modern environment for modeling physical processes. The analysis of water cooling of a special engine is demonstrated.

Key words: *radiation resistant; induction motor; asymmetric magnetic core; cooling.*

Наибольшие различия по сравнению с серийными асинхронными машинами асинхронный двигатель с асимметричным магнитопроводом

(АДАМ) имеет по конструкции статора. В новой конструкции предложено использовать двухрядную сосредоточенную трехфазную обмотку с укороченным шагом, равным $1/3$ полюсного деления машины. Состоящая из шести монолитных катушек, такая обмотка не имеет перекрещивающихся лобовых частей.

Для подавления высших гармонических составляющих поля, неизбежно возникающих при использовании сосредоточенной обмотки, применен новый способ компенсации паразитных электромагнитных моментов [1]. Способ основан на подавлении ЭДС высших гармоник поля в стержнях ротора асинхронного двигателя путем деления сердечника статора по длине на две равные части и относительном смещении их фазных зон на угол, соответствующий полюсному делению той гармоники поля, ЭДС от которой необходимо подавить в стержнях ротора.

На базе конструкции АДАМ разработан проект радиационно-стойкого управляемого двигателя вертикального исполнения привода экстракторов технологических установок с регулированием частоты вращения для работы в радиационно-защитных камерах по переработке радиоактивных отходов, мощностью 2,2 кВт, с синхронной частотой вращения 1500 об/мин. В отличие от первого опытного образца в конструкцию АДАМ внесены ряд изменений: исключен разъем зубца с ярмом статора и крепление с помощью ласточкиных хвостов. Разъем выполнен на границе фазных зон, а сердечник статора выполнен из 12 модулей, по числу фазных зон четырех полюсного двигателя. На сегодняшний день, в рамках проекта «Прорыв», рассматривается возможность использования непосредственно двигателя АДАМ.

Для создания радиационно-стойких электродвигателей, как показал анализ систем изоляции двигателей различного назначения зарубежных и отечественных компаний, наиболее целесообразно использовать изоляцию на основе стеклопластика и полиимидов.

Один из соответствующих патентов на производство полиимидной изоляции был разработан советскими учеными в 1968

году для разработки электродвигателей, способных к длительной эксплуатации при высоких температурах [2].

Эмалированные полиимидные медные провода имеют высокую термостойкость. Исследования показывают, что процесс имидизации позволяет эмалированной проволоке выдерживать температуру до 240 °С при непрерывной работе. Такое покрытие или пропитка практически не теряет диэлектрических свойств при повышении температуры по сравнению со стандартной органической изоляцией. Мировая практика в первые годы открытия полиимидов была лидером по их производству в лице американской компании, использующей лак Pyre-ML от DuPont. На данный момент существует большое количество производителей и аналогов, в том числе и в России, а именно компания Псковкабель [3]. Их проводники соответствуют параметрам, представленным в исследованиях полиимидов.

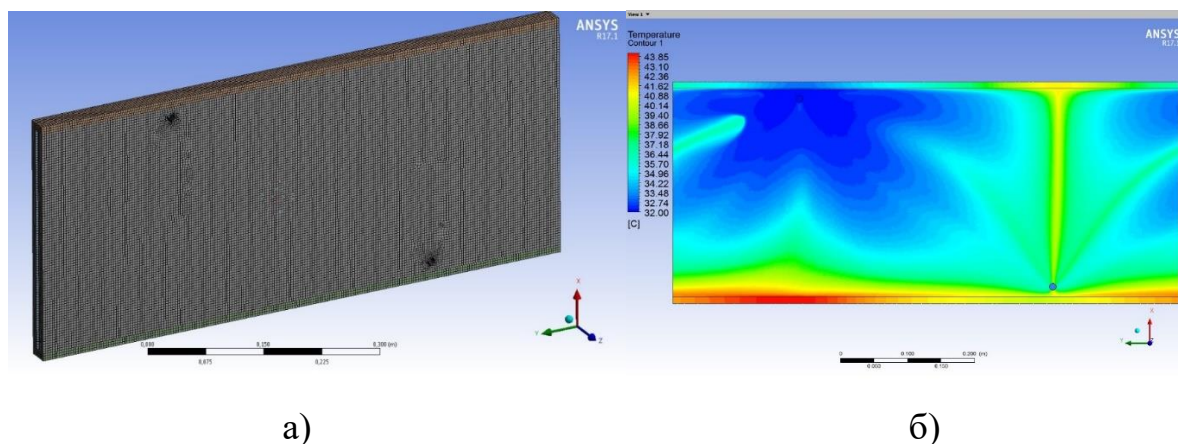
Полиимидная изоляция характеризуется чрезвычайно высокой устойчивостью к разрыву под воздействием экстремальных температур (до 425 °С).

На рисунке изображена полученная геометрия эквивалентного плоского охладителя с нанесенными расчетными сетками. Патрубки расположены таким образом, как если бы на цилиндрическом охладителе они были бы расположены напротив друг друга (180 градусов). Внутренний диаметр патрубков – 10 мм. На краях, образующих «шов» цилиндра, задано граничное условие «периодичность», что полностью уравнивает эквивалентный плоский охладитель с цилиндрическим по условиям охлаждения.

Далее в модуле *Ansys Mesher* были построены расчетные сетки для двух доменов – твердого домена корпуса и жидкого домена – воды. Общее количество полученных элементов – 2 578 801 шт. Расчетные сетки представлены на рисунке (а).

Результаты зависимости температуры от расхода воды с учетом естественного теплообмена корпуса с окружающей средой представлены на рисунке (б) для наиболее нагретых элементов двигателей, а именно: температуры лобовой части обмотки статора,

определяющие выбор класса изоляции машины, температуры заднего подшипникового щита со стороны насоса, определяющие выбор смазки подшипников, и температуры воды на выходе охладителя [4, 5].



Расчетные сетки (а) и распределение теплового потока в слое (б)

Анализ результатов исследования теплового состояния АДАМ показал, что требуется разработка методики для анализа расхода охлаждающей жидкости с учетом распределения температуры внутри вертикального двигателя.

Список использованных источников

1. Разработка конструкторской документации на изготовление электроприводов с электродвигателями новой конструкции радиационно-стойкого исполнения для использования в оборудовании гидрометаллургической переработки СНУП ОЯТ на МП ОДЭК : отчет по НИР, рук. Бекетов А. Р. Екатеринбург, УрФУ, 2018. 323 с.
2. Майофис И. М. Химия диэлектриков. М. : Химия, 1981. 247 с.
3. Продукция АО «Псковкабель» [Электронный ресурс]. URL: <http://pskovkabel.ru/products/> (дата обращения: 20.11.2019)
4. Охлаждение промышленных электрических машин / А. И. Борисенко, О. Н. Костиков, А. И. Яковлев. М. : Энергоатомиздат, 1983. 296 с.
5. Investigation of the thermal state of an asynchronous motor with an asymmetric magnetic circuit / V. Smetanin, V. Denisenko, T. Ataev, V. Lytkin // IOP Conference Series : Material Science and Engineering. International Scientific Electric Power Conference, ISEPC 2019, 23–24 May 2019. Saint Petersburg, Russian Federation. 2019. Т. 643, № 1. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/643/1/012032>.